

# 分水施設内に設置される迷入防止対策のための流水動力式ドラムスクリーンの水理機能

Hydraulics of water power type drum with screen installed in intake system for the defense against misleading of swimming fishes

日本大学理工学部土木工学科 正会員 安田 陽一  
日本大学理工学部土木工学科 正会員 高橋 直己  
日本大学理工学部土木工学科 学生会員 ○横山 裕樹

## 1. まえがき

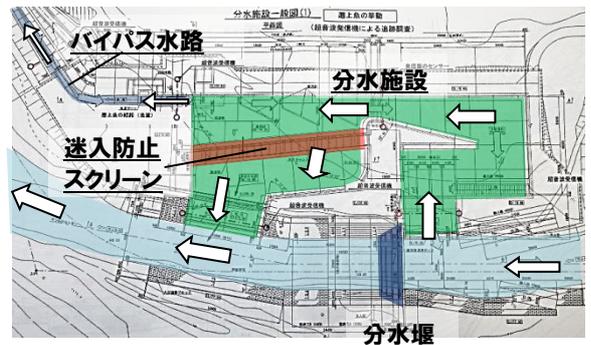
ダムの建設に伴い、水生生物の連続性確保およびダム上流側の回遊性魚類の生態系保全を目的に魚道整備が求められている<sup>1), 2)</sup>。最近、北海道天塩川水系のサンル川において建設されるサンルダムでは、水生生物の連続性確保およびダム上流側の回遊性魚類の生態系保全対策として、ダム湖を迂回するための7kmに及ぶバイパス水路および分水施設の設置が予定され<sup>3)</sup> (図1参照)、魚道下流端での迷入対策、分水施設、ダム本体に設置される魚道構造の提案が示され、実験的・実証的な検討が行われている<sup>3)</sup>。この場合、中小洪水規模の流量28 m<sup>3</sup>/sまで分水施設に取り込むことから、分水施設からの余水について流水動力式ドラムスクリーンを通してダム湖に放出することとしている。ここでは、模型縮尺を2分の1と想定したドラムスクリーンの模型を用いて水理実験を行い、その水理機能および迷入防止対策としての機能検証を実験的に検討した結果を報告する。

## 2. 分水施設の余水側の迷入防止対策の特徴

サンルダム上流側に設置される分水施設(写真1参照)の場合、バイパス水路への流入量 $Q_f = 1 \text{ m}^3/\text{s}$ に対して分水施設からの余水の流量が4 ~ 27 m<sup>3</sup>/sまで変動することから、流量変動に対応するため、かつ浮遊してくる葉および小枝等の自然排出を考慮し、余水の通水幅75 mに起伏式ゲートおよび迷入防止としての正六角形の回転ドラムスクリーン(スクリーンは14 mmのメッシュとなっている)(図2参照)を1.5 m区間ごとに40基設置する。この場合、六角形ドラム形状から生じる気泡の混入に伴うパルス的な光が形成され、降河してくる遊泳魚・底生魚の忌避反応が期待できる。また、起伏式ゲートによって余水流量に応じて越流箇所を調整、および越流水深が調整できるようになっている、スクリーン前後の水位差は0.3 mとし、下流水位がドラム回転軸に位置するように調整されている。なお、降河してくる遊泳魚・底生魚に対して、回転スクリーン手前で魚の忌避反応が示されやすいように、のれん状に金属棒を水面から起伏式ゲート上面近くまで占めるように設置する。

## 3. 実験概要

写真1に示すドラムスクリーン模型を水路長さ1600 cm(16 m)、高さ60 cm(水路下流部)、幅80 cmの矩形断面水路に設置した(写真2c)参照)。模型縮尺は2分の1として、実験を行った。ドラムの中心軸より31cm上流側に鉛直面を有する高さ20 cm、長さ60 cm、幅79.5 cmの台座を設置し、その上部に可変式ゲート板(長さ37.7 cm、厚さ2.1 cm、幅79.5 cm)を設置した。なお、ゲート板の下端を固定するために、蝶番を有する回転金具(回転軸の径1 cm、翼板の弦の長さ8 cm、厚さ0.3 cm、幅13 cm)で固定した。また、ゲートの勾配を固定するため、高さ4 cm、長さ9 cm、幅79.5 cmの固定版を台座下流端から13 cmのところ固定版の下流面が位置するように設置した。ドラムスクリーン上下流側の水面差を模型スケールで約15 cmとし、下流水位をドラム回転軸付近に



a) ダム湖を迂回するバイパス水路

b) 分水施設

図1 サンルダム上流側に整備されるバイパス水路および分水施設



写真1 施行された分水施設

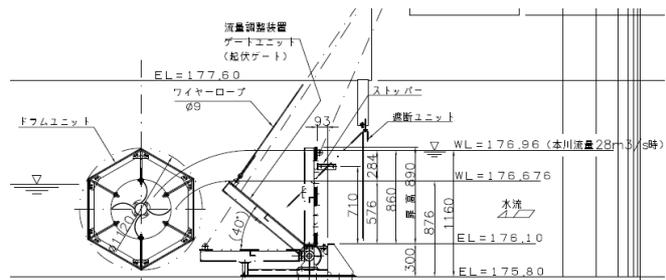
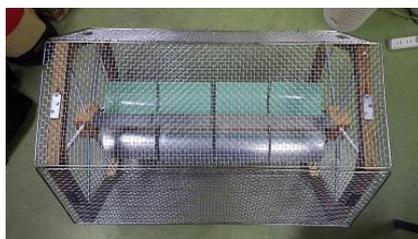


図2 迷入防止のためのドラムスクリーン(原型製作図面)

キーワード 重力式ダム, 分水施設, 余水吐き, 迷入防止, 生態系保全

連絡先: 〒101-8308 東京都千代田区神田駿河台 1-8, TEL:03-3259-0409, E-mail: yokyas@civil.cst.nihon-u.ac.jp

位置するようにするためには、 $\Delta h = 1.3 hc + S + HG - (R + \Delta BL) = 15 \text{ cm}$  を満足する必要があると推定される。ここに、 $hc$  は最大単位幅流量から算定した限界水深（ここでは  $11.8 \text{ cm}$ ）、 $S$  は台座の高さ、 $HG$  は台座上部からゲート板最高位までの差（ゲート開口高さ）、 $R$  ドラムの外径の半分（ここでは  $28 \text{ cm}$ ）、 $\Delta BL$  はドラム下部の最少クリアランス（ここでは  $3 \text{ cm}$ ）であることから、 $HG$  は  $10.6 \text{ cm}$  となる。この結果を参考にして、台座下流端での開口高さを  $10 \text{ cm}$  とし、ゲート板の傾き（勾配）を鉛直：水平 =  $1 : 6$  とした。ドラム周辺の流速を計測するために、KENEK 製の  $2.2 \text{ cm}$  径のプロペラ流速計を用いて計測した（計測時間  $20 \text{ 秒}$ 、 $1 \text{ 秒間}$  のパルス数の平均から算定）。また、回転中のドラムを強制的に停止させた状態でのドラムにかかる力を計測するため、ドラムの最長端にバネ計りを設置し、 $2$  回計測し平均して算定した。さらに、迷入防止の暫定的な検証（原型ではないため）を行うため、川崎漁協の協力を得て多摩川に溯上してきたアユ  $120$  尾を用いた。



a) ドラムスクリーンの模型      b) 回転翼の詳細      c) ドラムスクリーンの周辺の流況  
重量  $7 \text{ kgf}$ 、幅  $76 \text{ cm}$ 、一辺の長さ  $28 \text{ cm}$ 、 $7 \text{ mm}$  メッシュ、 $1 \text{ m}$  幅あたりの重さ： $9.2 \text{ kgf}$

写真2 回転ドラムスクリーン

#### 4. ドラムスクリーン周辺の流況

単位幅流量  $q = 0.36 \text{ m}^2/\text{s}$  ( $=27 \text{ m}^3/\text{s} / 75\text{m}$ ) 時の流況を写真 2 c) に示す。写真に示されるように、ドラムスクリーンが回転することによって、ドラム周辺に気泡混入流が形成されるようになり、スクリーン直上流側の水中からドラムが回転している状態が容易に観察できる（この場合、ドラムは流れと逆向き（写真 2 では時計回り）に回転する）。また、ドラム形状が正六角形となっていることからパルス状の振動を伝える現象となる。この場合の水面差は原型換算値で  $27 \text{ cm}$ （除塵機下流の底面を基準とした水深で表示すると下流水深  $61.4\text{cm}$ 、上流側の水深  $88.4 \text{ cm}$ ）となった。このときの  $1$  分間あたりのドラムの回転数については、メッシュを通過する流水が回転翼に常に当たるため、 $22.9$  回転となった。なお、回転数は  $10$  回転の所要時間を  $2$  回計測し、平均値として算定した。上記の流況が形成された状態でドラム上流側に  $120$  尾のアユ(体長  $10\text{cm}$  前後)を投入した場合、 $3$  時間経過した状態でも降河するアユは認められなかった。また、強制的にドラムに近づくように上流側から追い立てても降河するアユは見られなかった。このことから、降河魚の迷入防止として一定の効果が得られるものと考えられる。

単位幅流量  $q = 0.36 \text{ m}^2/\text{s}$  時のドラムスクリーン周辺の水面形を図 4 に示す。図に示されるように、流れと逆方向にドラムが回転するため、ドラムスクリーンによる堰上げ効果はドラムが順流方向に回転する場合より大きい。また、起伏式ゲートによってドラムスクリーン上流側の水位は下流側に進むにつれて、流積が小さく（流速が大きくなるため）低下する。ドラムスクリーンより直下流側では気泡混入を伴った潜り込み流れが形成されているため、局所流の影響から水位が下流側に進むにつれて漸次的に上昇する。

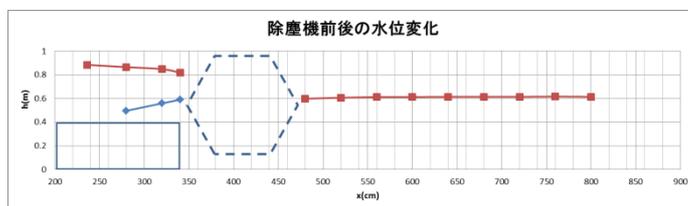


図 4 スクリーン周辺の水面形 ( $q = 0.36 \text{ m}^2/\text{s}$  時の流況)

なお、単位幅流量  $q = 0.36 \text{ m}^2/\text{s}$  にドラムを強制的に停止させた状態でのドラムにかかる力を計測した結果、原型換算で  $1.52 \text{ m}$  幅になるドラムの最長端で  $25.6 \text{ kgf}$ (原型換算)の力を作用させることによってドラムが停止した。すなわち、 $25.6 \text{ kgf} \times 0.56 \text{ m} = 14.3 \text{ kgf} \cdot \text{m} = 140 \text{ N} \cdot \text{m}$  のモーメントが作用することになる。

#### 5. まとめ

サンルダム上流側に設置される分水施設の場合、流量変動に対応するため、かつ浮遊してくる葉および小枝等の自然排出を考慮し、余水の通水幅  $75 \text{ m}$  に起伏式ゲートおよび迷入防止としての正六角形の回転ドラムスクリーンの設置を提案した。提案したドラムスクリーンの水理機能および迷入防止対策としての機能検証を実験的に検討するため、模型縮尺を  $2$  分の  $1$  と想定したドラムスクリーンの模型を用いて水理実験を行った結果、単位幅流量  $q = 0.36 \text{ m}^2/\text{s}$  ( $=27 \text{ m}^3/\text{s} / 75\text{m}$ ) 時の流況では、ドラムスクリーンが流下方向と逆向きに回転し、ドラム周辺に気泡混入流が形成されることを示した。また、ドラム上流側に  $120$  尾のアユを投入した場合、 $3$  時間経過した状態でも降河するアユは認められず、迷入防止対策として効果的であることを暫定的に検証した。流速測定からドラムスクリーン直上流部で流れが加速し、スクリーン内に流れ込むため、底面付近の流速が最も大きくなることを示した。また、スクリーン下流側の流速について、スクリーンが流れと逆方向に回転していることから、スクリーンを透過した主流の流向は下向きとなり、底面に到達した後主流が再発達するようになることを示した。

参考文献 1) 安田陽一, 技術者のための魚道ガイドライン—魚道構造と周辺の流れからわかること—, コロナ社, 2011, 154 pages.  
2) 天塩川における魚類等の生息環境保全に関する平成 21 年度年次報告書, 北海道開発局旭川開発建設部, 2010 年 6 月 4 日, 41 pages.  
3) H. Miyafuji and Y. Yasuda, Proposal of total migration route systems bypassing a dam-lake installed in Sanru dam, IAHR Congress, C1, Topic C, Poster, August 13, 2007, CD-ROM. 4) 横山ら, 土木学会関東支部, 第 2 部門